

⑨日本国特許庁(JP)

⑩特許出願公開

⑪公開特許公報(A)

平3-141619

⑫Int.CI.

H 01 F 7/20

機別記号

厅内整理番号

C 7135-5E

⑬公開 平成3年(1991)6月17日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

⑭発明の名称 広領域均一磁場発生用マグネット

⑮特 願 平1-184338

⑯出 願 平1(1989)7月17日

⑰発明者 貝野 正知 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所三条工場内

⑱発明者 吉田 茂夫 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所三条工場内

⑲出願人 株式会社島津製作所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

⑳代理人 弁理士 西田 新

明細書

1. 発明の名称

広領域均一磁場発生用マグネット

2. 特許請求の範囲

第1のコイルの内側に、第2のコイルが同軸上に配設され、その第1と第2のコイルに互いに逆向きの電流が流れるように構成されなる、広領域均一磁場発生用マグネット。

3. 発明の詳細な説明

<産業上の利用分野>

本発明は広い領域にわたって均一磁場を発生するためのマグネットに関し、例えばMRI(核磁気共鳴撮像装置)等における均一磁場の発生に適したマグネットに関する。

<従来の技術>

MRI等においては、被撮像体を均一な磁場内に置く必要があり、広い領域での均一磁場が要求される。

従来、均一磁場を発生するマグネットとして、ヘルムホルツコイル型マグネットが知られている。

ヘルムホルツコイル型マグネットは、円筒状のコイルを同軸上に軸方向にある間隔をあけて並べたもので、その中心部付近に均一磁場を発生させることができる。

また、通常のソレノイドコイルでも、径や長さを大きくすることにより、その中心部付近に均一な磁場を得られる。

<発明が解決しようとする課題>

従来のヘルムホルツコイル型マグネットやソレノイドコイルでは、得られる均一磁場は中心部付近に限られ、特にコイルの径方向にあまり広い領域で均一な磁場を得ることは期待できない。

本発明の目的は、従来に比してより広い領域で均一磁場を得ることができ、更には、その磁場の均一度についても向上させることのできるマグネットを提供することにある。

<課題を解決するための手段>

上記の目的を達成するため、本発明では、基本的実施例図面である第1図に示すように、第1のコイル1の内側に、これと同軸上に第2のコ

イル2を設け、この第1と第2のコイル1と2には、互いに逆向きの電流を流すように構成している。

<作用>

本発明の原理は、コイルに電流を流すことによって生ずる磁場のコイルの径方向の磁束密度分布の形に鑑み、同軸上の外側と内側のコイルに逆向きの磁場を発生させてこれらを重ね合わせることにより、1つのコイルが作る磁場の不均一性を相殺させ、均一な磁場領域の拡大を計るものである。

すなわち、第4図は本発明の定性的な作用説明図で、この図を参照しつつ詳細に説明すると、外側の第1のコイル1が発生する磁場（磁束密度のコイル軸方向成分、以下同じ）が第4図(a)に示す通りであれば、その内側に同軸に配設され、かつ、逆向きの電流が流される第2のコイル2は同図(b)に示すようにこれと逆向きの磁場を発生する。

この2つのコイルの近傍の空間の磁場は、これらが発生する磁場を重ね合わせたものとなるから、第1と第2のコイル1と2に流す電流もしくは各

コイルのターン数を適当に選択すれば、磁場の強さは第1のコイル1だけの場合に比べて減少するものの、全体として第4図(c)に示すように広い領域に均一な磁場を得ることができる。

<実施例>

本発明は種々の形のコイルに適用することができ、第1図乃至第3図に各形状のコイルに本発明を適用した実施例をそれぞれ中火候断面図で示す。

第1図は単コイル状のものに本発明を適用した基本的な実施例である。

第1のコイル1の内側には、これと同軸に第2のコイル2が配設されている。そして、この第1と第2のコイル1と2には、それぞれに設けられた電源（図示せず）から図に示すように互いに逆向きの電流が流される。

また、第2図はソレノイドコイル状のものに本発明を適用した例で、第1のソレノイドコイル1の内側に、同軸に第2のソレノイドコイル1'2を配設し、それぞれに互いに逆向きの電流を流すように構成している。

更に、第3図はヘルムホルツコイル状のものに本発明を適用した例である。

この例では、第1のコイル2'1の内側に同軸に第2のコイル2'2を設け、更にこれらと同軸に軸方向にある間隔をあけて、これらと全く同様な第1のコイル3'1と第2のコイル3'2を設けている。そして、2つの第1のコイル2'1と3'1には同じ向きの電流を、また第2のコイル2'2と3'2にはこれと逆向きの電流を流すように構成している。

以上の各実施例において、それぞれ外側のコイルのみを設けた場合に比してより均一度の高い、かつ、より広い領域で均一磁場が得られる。

第5図向は第1図に示した基本的な単コイル状のモデルでコンピュータシミュレーションを行った結果を示すグラフで、横軸はコイルの軸心を原点とする半径方向の位置を示し、縦軸は磁束密度のコイル軸方向成分 B_z を示している。

シミュレーションの条件は、第1のコイル1の電流密度を $500 A/cm^2$ 、第2のコイル2の電流密度を $-510 A/cm^2$ とし、また、各コイルの寸

法は第5図向に示す通りとし、第2のコイル2には第1のコイル1の約1/2の電流が流れるようにした。

この結果より、軸心から半径約 $10.5 cm$ の領域で極めて均一な磁場が得られた。

これに対し、比較例として、外側の第1のコイル1のみを設けた場合のシミュレーション結果を第6図に示す。この比較例において、コイルの電流密度は第5図と同様に $500 A/cm^2$ とし、寸法も第6図向に示すように第5図と同様とした。

この比較例では、軸心から半径約 $3 cm$ 程度しか有効な均一磁場を得ることができなかった。

この第5図と第6図から明らかのように、本発明の構成によって、従来の構成に比してより広い領域の均一磁場が得られることが実証され、しかも、本発明を適用した場合にはコイルの内側の磁束密度分布のフラット性が顕著であり、均一度の向上が認められた。ただし、互いに逆向きの磁場を重ね合わせる関係上、発生する磁場の強さは中心付近で約1/2に減少する。

第7図は第3図に示したヘルムホルツコイル状のモデルを使ったコンピュータシミュレーションの結果の説明図である。

この第7図において(a)は一方側の第1と第2のコイル21と22の中心部の半径方向の磁束密度分布を示すグラフ、(b)はコイル21、22とコイル31、32の中央部(空間部)における半径方向の磁束密度分布を示すグラフで、また(c)はコイル21、22とコイル31、32間を結ぶ軸心に沿う磁束密度分布を示すグラフであり、各コイルの寸法は(d)に示す通りとした。

各グラフにおいて、縦軸は磁束密度のコイル軸方向成分 B_r で、横軸は(a)と(b)がコイルの軸心を原点とする半径方向の位置、(c)はコイルの軸心上の(d)図に示す点 p を原点とした軸方向の位置を示している。

この例でも、第1のコイル21と31の電流密度を $500\text{ A}/\text{cd}$ 、第2のコイル22と32の電流密度を $-510\text{ A}/\text{cd}$ とした。

この第7図の各グラフから明らかのように、本

発明をヘルムホルツコイル型のマグネットに適用しても、各コイルの中心部分の均一磁場領域はもとより、各コイルの間の空間における均一磁場領域も半径方向に拡大されるとともに、軸方向にも磁場の均一性が保たれることができた。

本発明のマグネットは、対象となるものの要求仕様により、第1と第2のコイルの巻数および各電流値を決定し、最適条件を得ればよい。

なお、以上の各例において、第1と第2のコイルを逆向きに巻回して直列に接続し、1つの電源から同じ電流を流すようにしてもよい。この場合、磁場の均一度を得るための最適な条件設定は、各コイルのターン数で調節すればよい。

また、コイルの材料は通常の金属性のほか、超電導材料を使用できることは勿論である。

<発明の効果>

以上説明したように、本発明によれば、第1のコイルの内側に同軸上に第2のコイルを設け、これらに互いに逆向きに電流を流すことにより、それぞれが発生する磁場の不均一性を相殺させて高

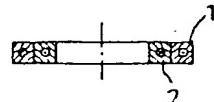
均一度でしかも広領域で均一磁場を得ることができ、MR1等の広い領域での均一磁場が要求される装置等に対して有効なマグネットが得られた。

4. 図面の簡単な説明

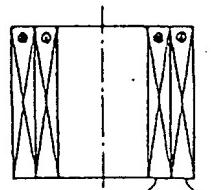
第1図乃至第3図はそれぞれ本発明実施例の構成を示す中央断面図、第4図は本発明の作用説明図、第5図は本発明の第1図に示した構造の実施例のコンピュータシミュレーション結果の説明図、第6図は比較例のコンピュータシミュレーション結果の説明図、第7図は本発明の第3図に示した構造の実施例のコンピュータシミュレーション結果の説明図である。

- 1, 1'1, 21, 31 ……第1のコイル
- 2, 12, 22, 32 ……第2のコイル

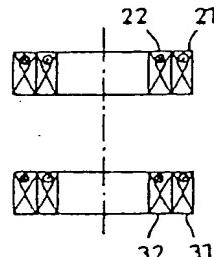
第1図



第2図



第3図



第4図

